

تبیین جایگاه سامانه بام سبز در تعدیل جزیره حرارتی شهر

نمونه موردی: کرج

Explaining the Role of Green Roof Systems in Balancing of Urban Heat Island case of study: Karaj

Mahmood Khosravi¹, Asad Ghobadi²

محمود خسروی^۱، اسدالله قبادی^۲

Received: 29/04/2013 Accepted: 14/08/2014

پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۲۳

دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۰۹

Abstract

Based on the statistical evidence and findings, the Earth climate is getting warm particularly in the urban areas. As an example, the annual average temperature in Karaj, which is the third metropolis of Iran with polluted air, has got approximately over 2.256 degrees Celsius during the period 1960 to 2008. The heating that affects on the most characteristics of human environment intensifies the urban heat island. So, the energy consumption for better living conditions goes higher and the air pollution increases conclusionally. Generally, increasing temperature in urban environments creates serious problems and enormous costs. The only way to prevent or at least moderate these problems is changing the physical structure of the city for Compatibility with the heating process.

Due to the high value added and low area of green space it seems using green roof technology in metropolis of Iran is a suitable alternative because of improving and sustainability of the quality of the urban environment. This research, whose aim is to introduce green roof systems and its role in reduction of the urban heat island, studies the thermal effects of using green roofs in comparative with the other current ones by simulating the Derob software in microclimate scale. The findings clearly show that there is a considerable reduction in the heat capacity and prove that the predictable effects of the heat island can be reduced by developing the green roof systems.

Keywords: Urban Heat Island, Green Roof, Temperature capacity, Karaj city

چکیده

بر اساس شواهد و یافته‌های آماری اقلیم کره زمین به‌ویژه در مناطق شهری به‌طرف گرمایش می‌رود. برای نمونه دمای متوسط سالانه کرج، سومین کلان‌شهر ایران با هوایی آلوده، در طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۸ حدود ۲٫۲۵۶ درجه سلسیوس بالاتر رفته‌است. این گرمایش که در بیشتر ویژگی‌های محیط زندگی انسان اثر دارد موجب تشدید پدیده جزیره گرمایی شهر می‌شود. بدین ترتیب مصرف انرژی برای ایجاد شرایط مطلوب زندگی بالاتر رفته و آلودگی هوای محیط شهری نیز افزایش می‌یابد. در مجموع، افزایش دما در محیط شهری مشکلات و هزینه‌های سنگینی ایجاد می‌کند. تنها راه چاره برای جلوگیری و یا حداقل تعدیل این مشکلات تغییر ساختار کالبدی شهر در جهت سازگاری با این فرایند گرمایش است.

با توجه به ارزش افزوده بالای زمین و پایین بودن مساحت فضای سبز به‌نظر می‌رسد که استفاده از فناوری بام سبز در کلان‌شهرهای ایران به‌عنوان بهبود و پایداری کیفیت محیط‌های شهری گزینه مناسبی است. این مطالعه میان‌رشته‌ای با هدف معرفی سامانه بام سبز و نقش آن در کاهش پدیده جزیره حرارتی شهری، به بررسی تأثیر حرارتی استفاده از بام سبز در مقایسه با دیگر بام‌های رایج به کمک شبیه‌سازی با نرم افزار Derob در مقیاس خرداقلیم می‌پردازد. یافته‌ها به‌وضوح نشان می‌دهد که کاهش قابل‌توجهی در ظرفیت حرارت وجود دارد و همین امر ثابت می‌کند مسئله قابل‌پیش‌بینی اثر جزیره گرمایی را می‌توان با توسعه سامانه بام سبز کاهش داد.

کلید واژگان: جزیره گرمایی شهر، بام سبز، ظرفیت حرارتی، کرج

1. Associate Professor in Climatology, University of Sistan and Baluchestan. (Khosravi@Gep.usb.ac.ir)

2. PhD Student in Climatology, University of Sistan and Baluchestan (A_Ghobadi@Pgs.usb.ac.ir)

۱. دانشیار گروه اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

(Khosravi@Gep.usb.ac.ir)

۲. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده

مسئول) (A_Ghobadi@Pgs.usb.ac.ir)

مقدمه

در عصر حاضر، افزایش آلودگی هوا باعث بروز معضلات جدی برای زندگی شهری شده است. گسترش همه‌جانبه و پُرسبتاب شهر کرج در دهه‌های گذشته منجر به تغییرات در چشم‌انداز شهری، ساختمان‌ها و جاده‌ها و جایگزینی فضای باز با پوشش‌های گیاهی شده است. سطوحی که زمانی نفوذپذیر و مرطوب بوده‌اند به مرور نفوذناپذیر و خشک شده‌اند. تداوم این روند باعث گرم‌تر شدن نواحی شهری و نواحی اطراف و تشکیل جزایر حرارتی می‌شود. شدت دمای جزایر حرارتی حادث شده در شهر نه تنها بر محیط زیست، کیفیت زندگی و نیازهای روحی و جسمی شهروندان در زندگی شهری اثرگذار است، بلکه بر میزان مصرف انرژی جهت سرمایش، انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای نیز اثرات منفی قابل ملاحظه‌ای می‌گذارد. تحقیقات نگارندگان نشان می‌دهد که اختلاف دمایی مرکز شهر کرج با حومه آن به‌طور متوسط ۳ تا ۵ درجه سانتی‌گراد است و به‌علت واقع شدن این کلان‌شهر در اقلیم گرم و خشک، این پدیده با تداوم شدت گرما تشدید می‌شود.

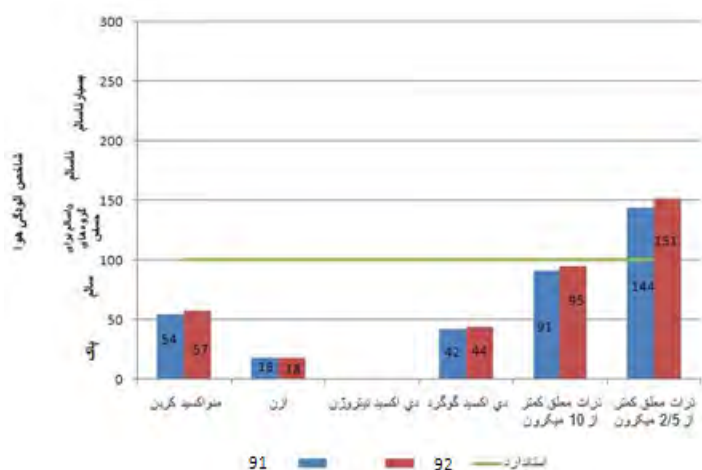
با توجه به موارد اشاره شده، اتخاذ راهکارهای مناسب از طریق سیاست‌های تشویقی و مدیریت کلان‌شهری به‌منظور تعدیل پدیده جزیره حرارتی ضروری به‌نظر می‌رسد. مقدار فضای سبز شهری به‌دلیل ارزش افزوده بالای زمین در نقاط شهری، فرهنگ آپارتمان‌نشینی و رشد عمودی شهرها به‌طور چشمگیری کاهش پیدا نموده است. بام سبز یکی از رویکردهای نوین در نظام شهرسازی و برخاسته از مفاهیم توسعه پایدار است که از آن می‌توان به‌منظور افزایش سرانه فضای سبز، ارتقاء کیفیت محیط زیست و توسعه پایدار شهری بهره برد. استفاده از بام‌های سبز شهری و توسعه آن در صنعت ساختمان نه تنها کاهش نسبی آثار جزیره حرارتی شهری، ایجاد میکرواقلیم، بهبود کیفیت هوا و برقراری تعادل حرارتی در محیط داخلی و خارجی بنا را به‌همراه دارد بلکه در جهت بهبود کیفیت محیط شهری نیز اثرات مثبت اقتصادی قابل بررسی می‌گذارد. هدف از تحقیق حاضر، شناخت و معرفی بام سبز و تأثیرات مثبت آن در تعدیل جزیره حرارتی شهر به کمک بررسی مقایسه‌ای نوسانات حرارتی و شبیه‌سازی مکانی در نمونه موردی مطالعاتی در

منطقه ۱۲ کرج و ارائه راهکار جهت گسترش این سامانه در کرج است.

پتانسیل تشکیل جزیره حرارتی در کرج

اوک تفاوت میان درجه حرارت شهر و حومه را شدت جزیره گرمایی^۱ می‌نامد (Tavalaee, 1994: 106). جزایر حرارتی بر روی سطح زمین و در اتمسفر شکل می‌گیرند. این پدیده که به دلیل تغییر سطوح شهری و ایجاد پوشش متفاوتی که در شهرها وجود دارد تشکیل می‌شود، با جذب گرمای بیشتر در روز پروفیل حرارتی سطح شهر را در شبانه‌روز تغییر می‌دهد و در نتیجه در یک روز داغ تابستانی، خورشید سطوح بی‌پناه و خشک مانند پشت‌بام‌ها و روسازی جاده‌ها را گاهی تا ۲۰ تا ۵۰ درجه سلسیوس نسبت به محیط گرم‌تر می‌کند و این در حالی است که سطوح سایه یا مرطوب (اغلب در حومه‌های شهر) دمایی در حدود دمای هوا دارند. جزایر حرارتی شهری در طول روز و شب وجود دارند اما در روز وقتی که خورشید می‌تابد شدیدتر هستند (Afshar, 2009: 60). با این حال، در یک شب صاف اختلاف دما می‌تواند تا ۱۲ درجه سلسیوس برسد (Luckett, 2009: 74). استان البرز به مرکزیت شهر کرج با مساحت ۶۹۴/۵۱۲۱ کیلومترمربع در ۳۵ کیلومتری غرب تهران و در دامنه جنوبی رشته کوه‌های البرز قرار گرفته است.

گسترش لجام‌گسیخته و پُرسبتاب شهر کرج که در دهه‌های گذشته صورت گرفته موجب عدم امکان و فرصت کافی جهت تنظیم و ساماندهی بافت و فراهم‌سازی زیرساخت‌ها و امکانات کمی و کیفی قابل قبول مورد نیاز جمعیت یک میلیون و نیم نفری آن شده است. هرچند آهنگ رشد جمعیت در کلان‌شهر تهران طی ده سال گذشته کاهش یافته است، اما جمعیت شهرهای استان البرز که در مجاورت این کلان‌شهر واقع شده است کماکان رو به افزایش است و سالانه ۳۰۰ هزار نفر به جمعیت حومه کرج افزوده می‌شود، فرایند مهاجرت در استان البرز به جابه‌جایی جمعیت از شهرهای بزرگ به سمت شهرهای کوچک گرایش یافته است. شهرهای متوسط و کوچک استان بیشتر نقش خوابگاهی داشته و ساکنین آن‌ها برای کار و دسترسی به امکانات و خدمات مناسب به‌طور مستمر به شهرهای بزرگتر



شکل ۲. میانگین مقایسه ای شاخص آلودگی هوای دو ساله کرج

(۱۳۹۱-۱۳۹۲) بر اساس نتایج گزارش های ایستگاه های کنترل آلودگی

در طی شب، گرمای ذخیره شده در خیابان ها و ساختمان ها به آهستگی به هوا منعکس می شود که همین امر موجب کند شدن روند کاهش دما و خنک شدن هوا می شود. در فصل تابستان، در کنار فرایند جذب پرتو فرابنفش و انعکاس اشعه مادون قرمز در هر منطقه، سقف ساختمان ها، خیابان ها و سطوح تیره رنگ گرما را جذب نموده و آن را در هوا منتشر می کنند. با توجه به اینکه اغلب سقف ها در کرج ایزوگام هستند، گرمای گسیل شده از سوی خورشید را جذب کرده و در خود نگاه می دارند. این پدیده خود باعث افزایش دمای مناطق مسکونی از ۳ تا ۵ درجه سانتیگراد شده و به نام پدیده جزیره گرمایی شناخته می شود که باعث تشدید آلودگی در جو از جمله گاز اُزن و دی اکسید کربن و افزایش ترکیبات زیانبار گوگردی و دیگر آلاینده های آسیب رسان در سطح زمین می گردد. سرانه فضای سبز کرج به دلیل رشد جمعیت و توسعه مناطق شهری و افزایش ساخت و سازهای مسکونی و تجاری روز به روز کاهش یافته و به حدود ۸ متر رسیده است، لذا با توجه به کمبود زمین و غلبه بر شرایط زیست محیطی مذکور و نیز به دلیل نزدیک شدن به سرانه جهانی^۱ فضای سبز، اتخاذ سیاست های توسعه فضای سبز عمودی ضروری است و لازم است که بدان توجه کافی بشود.

رفت و آمد می کنند. از سوی دیگر با توجه به قرار گرفتن در شاهراه ارتباطی بین پایتخت و ۱۵ استان غرب و شمال کشور، روزانه حجم عظیمی از ناوگان حمل و نقل عمومی و شخصی سبک و سنگین زمینی و ریلی از استان البرز و خصوصاً شهر کرج تردد می کنند که خود بخش عمده ای از آلودگی هوا را ایجاد می نمایند. این وضعیت تعادل منطقی میان جمعیت، فعالیت را در منطقه برهم زده است و به همین دلیل شبکه ای ناقص از سلسله مراتب فعالیتی شکل گرفته و سلسله مراتب شهری نیز به تبع آن نامتناسب شده است به طوری که مشکل می توان یک سیاست هماهنگ جهت کنترل و هدایت توسعه کالبدی شهر اعمال کرد.

طبق گزارش سالانه ایستگاه های بخش آلودگی هوای استان، آلودگی هوای شهر کرج عمدتاً به ذرات معلق هوا و مونوکسید کربن مربوط می شود و در سال ۹۲ تعداد روزهای هشدار اضطرار و بحران به صورت ۱۰۳ روز ناسالم و ۲۳۸ روز سالم و تنها ۲۴ روز پاک بوده و میانگین شاخص آلاینده های مربوط به ذرات معلق به ۱۵۰ واحد رسیده است و سایر آلاینده ها نظیر SO_2 , NO_x , CO شرایط افزایشی را نشان می دهد (شکل ۱ و ۲). بافت متراکم شهری در بسیاری از مناطق، ترافیک و تعدد عبور و مرور خودروها، ساختمان های نامنظم و بی قاعده و بالابودن میزان آلودگی هوا، کلان شهر کرج را به صورت یک جزیره گرمایی مسکونی کرده که خرد اقلیم مربوط به خود را ساخته است. از بین رفتن رستنی ها و گیاهان و جایگزینی آن ها با مصالح (آسفالت، بتن، مواد تیره ساختمانی) در قسمت گسترده ای از بافت کرج باعث جذب گرما از طریق مواد تیره ساختمانی در طول روز می شود که تا ساعت ها پس از غروب آفتاب این گرما همچنان باقی می ماند.



شکل ۱. آلودگی هوا بر اساس پدیده وارونگی در فصول سرد در تاریخ

۹۲/۱۱ در نمای مرکزی شهر

سوابق پژوهش

مقاومت هوا بین تاج پوشش و سطح وضع موجود را لحاظ نمود.

در سالیان اخیر، ضرورت بررسی کلیات جزایر گرمایی شهری در کشور مورد توجه جدی پژوهشگران قرار گرفته است. آن‌ها (Ranjbar Saadat abadi, 2005) اختلاف دمای نقاط منتخب را با انتخاب یک و یا چند ایستگاه اندازه‌گیری دما به - عنوان نماینده نواحی توسعه‌یافته و کمتر توسعه‌یافته شهری (یا روستایی)، بررسی نموده و در مورد ساختار جزایر حرارتی ناحیه مطالعاتی خود اظهار نظر کرده اند. رضانی (Ramezani et al, 2011) جزیره حرارتی شهر رشت را با استفاده از آمار روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک مستقر در شهر و حومه شهر مطالعه کرد که نتایج حاصل از مقایسه داده‌ها نشان داد که در شرایط کمینه دمای بین و مرکز جزیره حرارتی و نواحی اطراف اختلاف دمایی معادل ۲ الی ۵/۵ درجه سانتیگراد دارند. در شرایط بیشینه دما این اختلاف بین ۳ تا ۵/۶ درجه سانتیگراد متغیر است. نتایج پژوهش‌های علیجانی (Alijani, 2006) در مورد دمای تهران نشانگر آن است که اقلیم تهران در طول این دوره زمانی مرتب در حال گرم‌تر شدن بوده است. وی نتیجه گرفته است که میانگین دمای تهران در طول این دوره افزایش داشته است و شب‌های تهران نسبت به سال‌های گذشته گرم‌تر شده است. در حالی که دماهای کمینه تهران افزایش معناداری داشته و تعداد و شمار و روزهای یخبندان در طول این دوره افزایش چشمگیری داشته است.

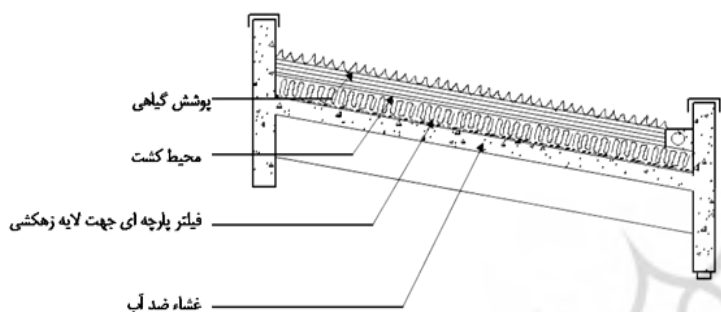
در پژوهش نگارندگان در سال ۱۳۹۲، با استفاده از مدل‌های ریاضی و آماری جهت بررسی نحوه استقرار جمعیت و تغییرات در فاصله زمانی ده‌ساله، دو سر شماری ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ صورت گرفت و تأثیر آن بر عملکرد جزیره گرمایی نواحی شهری در محدوده جغرافیایی استان البرز بررسی شد. بین نوسانات آنتروپی جمعیت و شدت جزیره گرمایی در شهرها همبستگی مثبتی حاصل گشت. بدین صورت که شهرهایی که جمعیت بیشتری دارند، گرمای مصنوعی بیشتری نیز تولید می‌کنند و هرچه میزان آفت دما در مناطق حومه و اطراف شهرها بیشتر شود، شدت جزیره گرمایی افزایش می‌یابد و حرارت کرج ۳ تا ۵ درجه بیشتر از حومه خود است و همچنین تغییرات جمعیت

مطالعه جزایر حرارتی در گذشته با استفاده از اندازه‌گیری دما در ایستگاه‌های هواسنجی و اتومبیل‌های مخصوص ثبت دما انجام می‌شد (Streutker, 2002, Weng et al, 2006). از دهه ۲۰۰۰ با ورود ماهواره‌های پایش زمینی و امکان مدلسازی اقلیمی، این تکنولوژی‌ها به‌طور گسترده‌ای جهت اندازه‌گیری دمای سطح زمین استفاده شده و داده‌های ارزشمندی برای تحلیل جزیره حرارتی فراهم کرده است. مطالعات (Galli et al, 1998) در تگزاس و (Xloe et al, 2000) سنول، نخستین پژوهش‌هایی بودند که در آن‌ها با استفاده از داده‌های دمایی چشم‌انداز حرارتی شهری مطالعه شد. مبنای این مطالعات، سنجش دما در یک محیط شهری گسترده بر اساس داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی بود. اما توزیع یکنواخت و تعداد اندک این ایستگاه‌ها سبب شد تا این داده‌ها آن‌طور که باید برای نمایش پراکندگی‌ها در سرتاسر یک منطقه مورد اعتماد نباشند. در مطالعه‌ای (Streutker, 2002) که با هدف دانستن ظرفیت‌های ذخیره حرارتی سطوح و تأثیرات آن بر روی دمای لایه هوای شهر در هوستون امریکا صورت پذیرفت، قدرت تفکیک مکانی تا ۱۶۰ متر افزایش یافت که فقط برای تهیه نقشه بزرگ مقیاس هر شهر مناسب بود. نگرش اصلی در این مطالعه بررسی محیط حرارتی شهری در ارتباط با ویژگی‌های پوشش سبزی‌نگی سطح زمین بود. در مطالعه (Balling et al, 2010) بر روی سطوح شهری پکن، علل اصلی تغییرات محیط حرارتی شهر، تغییر سطوح طبیعی و جایگزین شدن آن با سطوح بتونی، سقف‌های آزیستی، خیابان‌های آسفالتی و دیگر مواد غیرقابل نفوذ بیان شد و پس از مدلسازی محلی، بررسی و استفاده از سامانه بام سبز امری ضروری در نظر گرفته شده است.

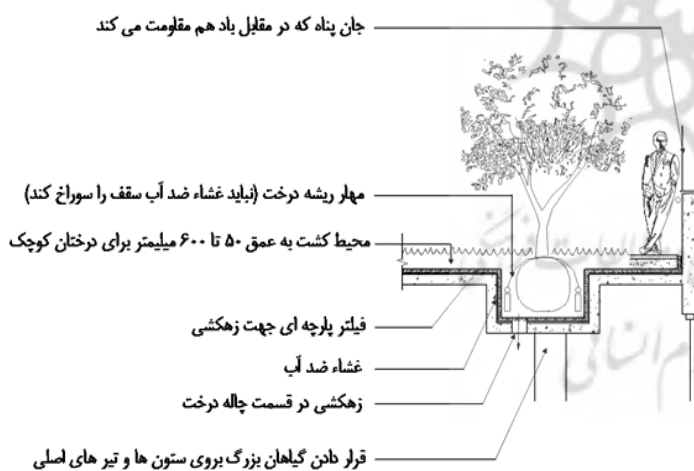
لِوالیوس (Levallius, 2005) با بررسی سطوح تشکیل دهنده محیط شهری در تعادل حرارتی شهرها، سطوح بام را رابط کلیدی در تبادل حجمی انرژی یافت و سامانه تعادل را در مدلسازی خرداقلیم محلی بام سبز به‌کار برد و باس نیز (Bass et al, 2011) در این مدلسازی سه متغیر دمای پوسته بام ساختمان، درجه حرارت لایه مرزی زمین تا پوشش بام و

انواع بام های سبز

بام سبز به دو نوع متمرکز^۲ و گسترده^۳ (شکل ۳ و ۴) طبقه بندی می شود. بام های سبز گسترده به عنوان مکان های عمومی طراحی می شود و شامل بوته ها و چمن و شبیه محوطه سازی در سطح زمین است. این بام ها دارای محیط کشتی با عمق ۱۰۰-۴۰ میلی متر هستند (Berndtsson, 2009: 372). مورد طرح شده این پژوهش نیز از این سامانه بهره برده است (جدول ۱).



شکل ۳. جزئیات اجرایی سیستم گسترده



شکل ۴. جزئیات اجرایی سیستم متمرکز

از کلان شهر به شهرهای میانی در ارتباط با تغییر آستانه باد نیز روند کاهشی را نشان می دهد. در ادامه این پژوهش جزئیات طرح جامع اقلیم هوای کرج پیشنهاد شد.

راهبرد بام سبز

بام سبز یا باغ بام شامل یک لایه گیاه است که روی پشت بام پرورش داده می شود. سقف سبز با ایجاد سایه و حذف گرما از طریق تبخیر-تعرق، دمای سطح بام را نسبت به هوای محیط کاهش می دهد. در روزهای داغ تابستانی، سطح معمولی پشت بام ممکن است در مقایسه با یک سقف سبز تا ۵۰ درجه سلسیوس گرم تر باشد (Bradley, 2010: 210). سقف های سبز را می توان بر روی بسیاری از ساختمان ها، از تأسیسات صنعتی گرفته تا منازل شخصی، به سادگی یک پوشش ۵ سانتیمتری یا به پیچیدگی یک پارک کامل اجرا کرد (شکل ۳). با اینکه هزینه اولیه سقف سبز بیشتر از موارد متعارف است، صاحبان ساختمان ها می توانند این هزینه را از طریق کاهش مصرف انرژی و طول عمر بیشتر آن ها در مقایسه با سقف های معمول جبران نمایند (Rostamkhani, 2006: 130).

استفاده از این نوع سقف ها به خصوص در سازه هایی ایده آل است که نسبت سطح سقف به ارتفاع ساختمان زیاد باشد. زیرا سطح سقف در این نوع ساختمان ها منبع اصلی دریافت گرما از محیط بیرون است. بررسی تأثیر میزان بازتاب خورشید بر مصرف انرژی در شهرهای مختلف جهان نشان می دهد که با افزایش این ضریب از ۰/۲ به ۰/۶۵، میزان بار الکتریکی سرمایشی ۲۰ تا ۹۳٪ کاهش خواهد یافت (Clark, 2008: 158). در مطالعه موردی این پژوهش هزینه تخمینی اجرای سقف سبز حدود ۴۰٪ گران تر از سقف معمول برآورد شده است اما با لحاظ کردن مزیت های بلندمدت آن (نظیر مدیریت آب بارندگی و جذب اکسیدهای نیتروژن)، اجرای سقف سبز در حدود ۵۰٪ هزینه اولیه آن صرفه جویی در پی داشت که حدود دو سوم آن در اثر کاهش مصرف انرژی ساختمان خواهد بود (شکل ۴).

۱. هزینه اجرای پوسته های بام سبز (که در حال حاضر در ایران به صورت بسیار

۲. Intensive

۳. Extensive

محدود اجرا می شود) حدود ۶۰ تا ۷۰ هزار تومان بر متر مربع برآورد می گردد.

فارغ از دسته بندی‌های تجاری اجزاء باغ بام را به ۵ دسته کلی لایه پوشش گیاهی و محیط کشت و لایه زهکش و لایه جدول ۱. ویژگی‌های دو سامانه بام سبز با تأکید بر تأثیر گیاهان

بام سبز		
سیستم متمرکز	سیستم گسترده	نوع
<p>- بام‌های سیستم متمرکز نیازمند مقطع عمیق و بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر تا ۵۰۰ میلیمتر از خاک برای رشد گیاهان حجیم و آب‌نما و چمن معمولی هستند.</p> <p>- این نوع از بام سبز شامل انواع مختلفی از گیاهان است و مشابه یک پارک طراحی می‌شود.</p> <p>- محیط کاشت یک لایه ناپیوسته بر روی بام سبز است.</p> <p>- بر روی سقف‌های کمتر از ۳ درصد شیب اجرا می‌شود.</p> <p>- در این سیستم گیاهان در جعبه‌های مخصوصی که تمام یا قسمت اعظم بام سبز را می‌پوشاند، کشت و نگهداری می‌شوند.</p> <p>- امکان کاشت متنوع گیاه در این بام‌ها وجود دارد.</p> <p>- این بام‌ها به تقویت اساسی سازه، آبیاری، کوددهی و سایر مراقبت‌های مداوم دارند.</p>	<p>- این سیستم به نام مقطع کم ارتفاع یا اجرا با ضخامت کم نیز شناخته می‌شود و معمولاً از گیاهانی با عمق ریشه ۴۰ تا ۱۰۰ میلیمتر استفاده می‌شوند.</p> <p>- این نوع بام سبز فقط شامل یک یا دو نوع گیاه و محیط کاشت کم عمق است.</p> <p>- این نوع بام، بر روی بام‌های مسطح و شیب دار احداث می‌شود.</p> <p>- در مورد بام‌های شیب دار در اغلب مکان‌ها ۱۰ تا ۲۰٪ شیب توصیه می‌شود.</p> <p>- به‌عنوان سیستم‌های خودنگهدار در نظر گرفته شده و به حداقل تأسیسات نگهداری، یکبار در سال هرس یا کوددهی برای افزایش رشد گیاهان، نیاز دارند.</p> <p>- محیط کاشت لایه‌ای پیوسته بر روی بام سبز است.</p>	ویژگی

بررسی نمونه موردی: طرح کرج

در حال حاضر یکی از مهم‌ترین پروژه‌های اجرای بام سبز در ایران در جنوب شرقی منطقه ۱۲ کرج در حال طراحی و اجرا است. این طرح براساس رقابت بین ۳۰ شرکت مهندسی مشاور برای طراحی و اجرای ۶۰۰۰ واحد مسکونی در سایتی با مساحت هفتاد و پنج هزار مترمربع در نظر گرفته شده است (شکل ۵ و ۶). در بررسی مقایسه‌ای چهار نوع مختلف از جنس بام آزیست، شیروانی، ایزوگام و بام‌های سبز با استفاده از مفاهیم تعادل انرژی مزیت‌های استفاده از بام سبز و نقش آن در کاهش جزایر حرارتی در مقایسه با دیگر بام‌ها بیشتر آشکار می‌شود.

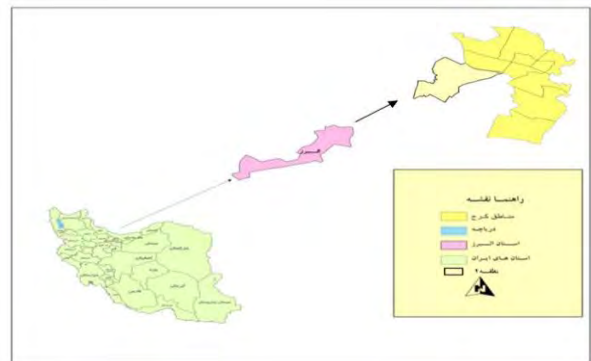


شکل ۶. جانمایی ناحیه مطالعاتی

معادله تعادل انرژی در سطح شهر به شرح زیر قابل تفسیر است (Levallius:2005:93):

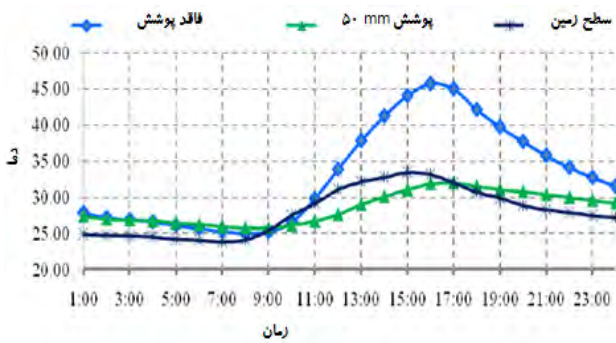
$$Q^* + QF = QH + QE + \Delta QS + \Delta QA \quad (1)$$

که در آن Q^* مجموع تمام تابش موج، QF انتشار گرمای انسانی، QH و QE به ترتیب، شار حرارت محسوس و نهان، ΔQS شار ذخیره‌سازی خالص، ΔQA فرارفت گرما خالص افقی است، ΔQS در ارتباط با گرمای محیط شهری است و نیمی از



شکل ۵. جانمایی منطقه ۱۲

در این طرح پوشش مناسب خاک بام بر حسب عملکرد حرارتی و ویژگی های رشد ۵۰ میلیمتر است. برای اندازه گیری تغییرات حرارتی دمای سطح بام در حالت وجود و عدم وجود پوشش گیاه و خاک در یک شبانه روز در نظر گرفته شده است (نمودار ۱).



نمودار ۱. سنجش تغییرات حرارتی در وضع موجود

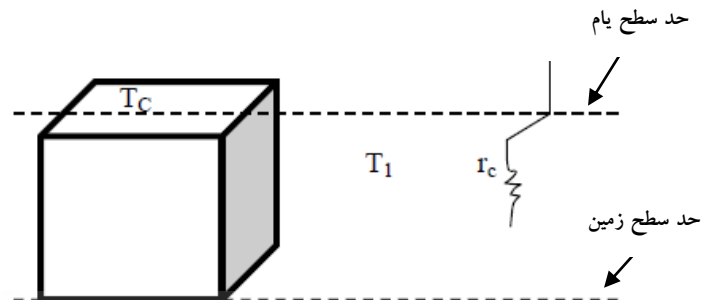
در مقایسه با دال (سقف) محافظت نشده، عملکرد حرارتی می تواند به شدت با رشد گیاه در طول دال بهبود یابد. بدین صورت ترکیب واکنش های انجام شده در خاک روی بام شامل تجزیه و انتشار و همچنین واکنش های فتوسنتز و تعریق و تعرق گیاهان باعث کاهش میزان انرژی آفتاب جذب شده توسط لایه بام می شود و در نتیجه دمای فضای زیر سطح بام در تابستان کاهش پیدا می کند. در زمستان نیز گیاهان پیوسته مقداری هوا لایه لایه ریشه های خود نگه می دارند که به صورت یک لایه عایق حرارتی عمل می کند. البته کارایی لایه عایق حرارتی در بام های سبز به میزان رطوبتی وابسته است که خود نگه می دارند. منطقه ای به مساحت ۵/۰ km² برای آزمایش در ناحیه پُرتراکم مجاور (شرق) منطقه شبیه سازی و بررسی شده است. در این ناحیه بر اساس مشاهده میدانی سه نوع بام آزیست، شیروانی، بام های ایزوگام در منطقه مشخص گردید و تمام سقف های منطقه انتخاب شده اندازه گیری شدند (شکل ۸).



شکل ۸. نواحی شرکت داده شده در ارزیابی

حرارت خالص را در طول روز در کاربری های شهری برآورد می کند (شکل ۷).

طبق پژوهش های صورت گرفته اخیر جهت کاربرد سامانه تعادل (معادله ۱) در سطح بام، دخیل کردن سه متغیر TC (دمای پوسته بام ساختمان)، T1 (درجه حرارت لایه مرزی زمین تا پوشش بام)، rc (مقاومت هوا بین تاج پوشش و سطح وضع موجود) ضروری است (Bass et al, 2011:32).



شکل ۷. شبیه سازی تکمیلی بر اساس مدل تعادل

لذا معادله ۲ برای استفاده از مدل تعادل انرژی در سطح پشت بام مورد نظر قرار می گیرد، معنی ضمیمه C برای نشان دادن سطح ساختمان است.

$$QS^* + QFC = QSC + QHC \quad (2)$$

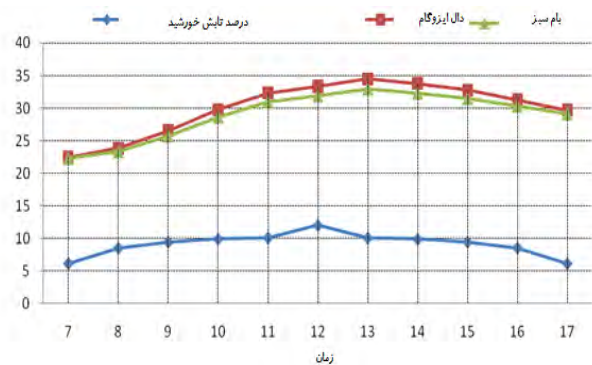
در این مطالعه ΔQSC به کمک نرم افزار DEROB بررسی شده است. این ابزار طراحی برای بررسی رفتار دینامیکی پیچیده ساختمان در سازه های مختلف در قالب درجه حرارت، بارهای گرمایشی و خنک کننده و شاخص های مختلف آسایش های مختلف بیان می شود (Luckett, 2009:38).

QS^* بر اساس داده های آب و هوایی در نظر گرفته می شود. شار حرارت محسوس مرتبط با دمای لایه هوای مرزی با استفاده از معادله ۳ و محاسبه QS^* و ΔQSC محاسبه شده است.

$$QHC = \rho C_p \frac{(T_c - T_1)}{r_c} \quad (3)$$

در این معادله ارزش های TC از طریق شبیه سازی نرم افزار به دست می آید. rc مقاومت در برابر هوا است. ρ چگالی هوا، Cp ظرفیت گرمایی ویژه از هوای خشک و T1 دمای لایه های هوای تاج پوشش هستند.

هنگامی که دال‌های تخت توسط سقف‌های سبز جایگزین شده‌اند، درجه حرارت لایه مرزی در حدود $1,5^{\circ}\text{C}$ از شرایط معمول کاسته می‌شود. این کاهش درجه حرارت را می‌توان در طول مدت زمان در نظر گرفته‌شده ملاحظه نمود.



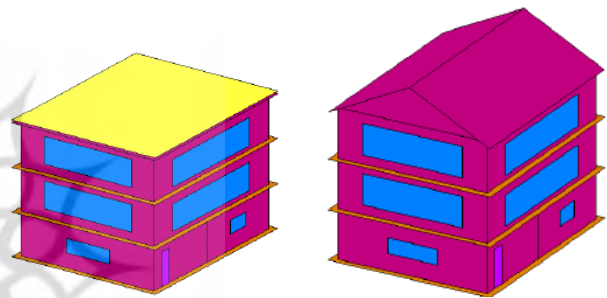
نمودار ۳. مقایسه نوسانات حرارت در وضعیت تعریف‌شده با تأکید بر درصد تابش خورشید

همان‌طور که ملاحظه می‌شود بام سبز تابش اشعه‌های نور خورشید را مدیریت می‌کند و به طور غیر مستقیم در خنک‌سازی و کاهش انتقال حرارت نقش دارد. با توجه به اینکه انتقال حرارت همواره از بدنه‌ها و فضاهای با دماهای بیشتر به فضاهای با دمای کمتر صورت می‌گیرد، انتقال حرارت در بام‌های ایزوگام در زمستان از داخل به خارج و در تابستان از خارج به داخل صورت می‌گیرد، اما بام‌های سبز از طریق کاهش نوسانات گرمایی بر روی سطح خارجی بام و از طریق افزایش ظرفیت گرمایی لایه‌های سقف به خنک‌سازی فضای زیر بام در طی تابستان و گرم‌ماندن آن در زمستان کمک می‌کنند.

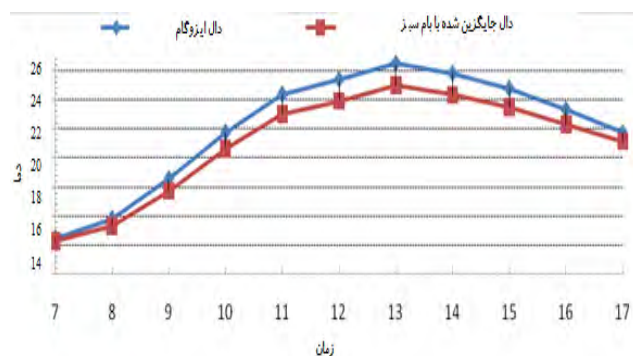
پوشش گیاهی مانع یخ‌زدگی محیط کاشت در زمستان می‌شود و با کاهش اثر سرمای بادهای غربی زمستانی حاکم بر منطقه و تنظیم خرداقلیم بالای بام به افزایش میزان حفظ گرما کمک می‌کنند.

با توجه به اینکه تغییرات دمای هوای لایه مرزی با میزان تابش خورشیدی متغیر است (نمودار ۳). حداکثر شار خورشیدی در ساعت ۱۲:۰۰ ظهر رخ می‌دهد و حداکثر دمای هوا نیز در ساعت ۱:۰۰ بعد از ظهر جابه‌جا می‌شود. این امر به‌وضوح

مقادیر دمای شبیه‌سازی از مدل نرم‌افزار برای هر ساعت از ۷ صبح تا ۵ بعد از ظهر فراهم شد و برای به‌دست آوردن درجه حرارت سطح شبیه‌سازی‌شده از مجموعه‌ای از متوسط ابعاد هر نوع سقف استفاده شده، درجه حرارت به‌دست‌آمده از انرژی ذخیره شده در هر یک از انواع سقف موجود به‌طور جداگانه محاسبه شده و همچنین برای محاسبه کل انرژی ذخیره‌شده توسط دال‌ها در منطقه، انرژی ذخیره‌شده در هر یک سقف، در مساحت سقف ضرب و اضافه شده‌است (شکل ۹). با توجه به داده‌های واقعی درجه حرارت به‌دست‌آمده از بخش اندازه‌گیری هواشناسی، شار تابش‌شده توسط خورشید با استفاده از اطلاعات آب و هوایی برای هر ساعت فراهم شده و جهت محاسبه کل شار تابشی منطقه در کل نمونه‌ها ضرب شده‌است.



شکل ۹. نمونه‌ای از حالت شبیه‌سازی‌شده در حالت بام ایزوگام و شیروانی در نمودار ۲ نوسانات درجه حرارت لایه مرزی تحت شرایط غالب سقف ایزوگام در مقایسه با حالتی که همه دال‌ها با سقف‌های سبز جایگزین شده‌اند در یک هوای معمول منطقه (نیمه دوم فرودین) نشان داده شده‌است. مدت زمان در نظر گرفته‌شده از ۷:۰۰ صبح تا ۵ عصر بوده‌است چرا که خالص تابش دریافتی تنها در این دوره مثبت است (نمودار ۲).



نمودار ۲. نوسان حرارت نسبت به زمان در وضعیت تعریف‌شده

سوزنی ترجیح داده شده است زیرا بدین ترتیب حجم بیشتری از کربن هوای آلوده، جذب می شود.

علاوه بر تغییر انتخاب گونه گیاه، تغییر عمق بستر، تعدیل دی اکسید کربن را فراهم می آورد. (Ghalati et al, 2011:39). در این مطالعه افزایش عمق بستر به بالای ۵۰ میلیمتر برای امکان سنجی رشد گیاهان دائمی بزرگتر دیده شده است.



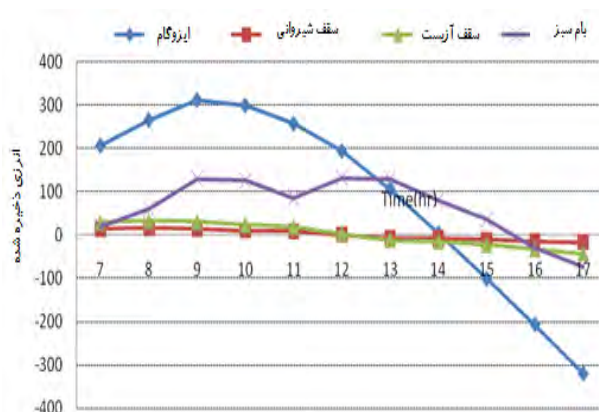
شکل ۱۰. وکسل نمای جنوب شرقی طرح

(شکل ۱۰) نمای جنوب شرقی طرح مورد بحث را نشان می دهد.

در طراحی مجتمع مسکونی پژوهش، اجرای بام سبز گسترده با تأکید بر توزیع یکسان فضای سبز در جهت کاهش اثر پدیده جزیره گرمایی و ایجاد میکرواقلیم محلی مدنظر قرار داده شده است.

چالش ها و راهبردهای شروع این پروژه عظیم و امکان سنجی تداوم آن در آینده در مدل Swot پیش روی آورده شده است (جدول ۲).

مشخص می کند که حداکثر دمای هوا در لایه مرزی فقط یک ساعت بعد از حداکثر تابش خورشیدی رخ می دهد.



نمودار ۴. حجم انرژی حرارتی ذخیره شده در انواع بامها بر اساس زمان

درجه حرارت هوای لایه مرزی به غیر از مقدار تابش خورشید، با قابلیت ذخیره انرژی سقفها نیز تغییر می کند. مقایسه توانمندی هر سقف برای ذخیره حرارت به وضوح نشان می دهد که دال با روکش ایزوگام پس از ساعت ۲ بعد از ظهر انرژی را به هوا منتشر می کنند و این باعث افزایش دمای محسوس در هوا و بالا رفتن درجه حرارت می شود. اما در پشت بام سبز، حرارت پس از ساعت ۸ بعد از ظهر منتشر می شود که آن هم به ندرت صورت می گیرد. با توجه به نتایج ذکر شده، ثابت می شود که در سقفهای سبز گرمای جذب شده با تبخیر آب گیاهان به سرعت جایگزین می شود و گیاهان از طریق برگها آب خود را از دست می دهند که این موضوع منجر به خنک شدن هوا می گردد. در نتیجه بام سبز با کاهش نوسانات حرارتی و اثر جزیره گرمایی، در اوقات روز درجه حرارت محلی را کاهش می دهد (نمودار ۴).

گیاهان با جذب دی اکسید کربن ورودی به اتمسفر ناشی از احتراق مواد سوختی به وسیله شاخه و برگ و به خصوص ریشه، کمک مؤثری به کاهش آلودگی هوا می کنند. در این پژوهش با توجه به سرانه آلودگی بالای کرج (شکل ۲) کاشت درختان با برگ پهن، زبر و خشن بر کاشت درختان با برگ

جدول ۲. ماتریس SWot چالش ها و راهبردهای برآورد شده از طرح بام سبز کرج

ساختار	قوت ها	ضعف ها	فرصت ها	تهدید ها
میکروکلیماتیک	<ul style="list-style-type: none"> - کاهش انعکاس صدا تا 3 دسی بل و افزایش عایق صوتی سقف تا 8 دسی بل با گسترده کردن پشت بام سبز. - جذب دی اکسید کربن هوا و کاهش آلودگی هوا از طریق گیاهان. - برآورد کاهش تأثیر جزیره های حرارتی شهر و خنک شدن هوا تا ۷ درجه سانتیگراد. - افزایش جذب نور خورشید و فتوسنتز گیاهان. - کاهش انتشار گازهای گلخانه ای به ویژه دی اکسید کربن. 	<ul style="list-style-type: none"> - عدم موفقیت در عملکرد پهنه های بادی بام های سبز در شرایط آب و هوای جنب حاره ای یا حاره ای. - عدم استفاده از گیاهان حساس به نور به علت وجود نور شدید و طولانی مدت. 	<ul style="list-style-type: none"> - امکان پرورش میوه، سبزی و گل. - استفاده به عنوان فضای تفریح، و استراحت. - بهبود مناظر اطراف ساختمان با فراهم کردن یک فضای سبز زیبا. - جذب ۷۵ درصدی آب های سطحی به هنگام بارندگی و کنترل رواناب. - کاربرد انواع انرژی های نو و پاک نظیر انرژی خورشید، باد، آب و زمین گرمایی. 	<ul style="list-style-type: none"> - مقاوم بودن باغ بام های طرح باید نسبت به خشکسالی و نیاز به مراقبت گهگاه. و قابلیت تطبیق و بازیابی خود با تغییر شرایط خاک. - عدم استفاده از گیاهانی که ریشه عمودی بلند دارند به منظور جلوگیری از نفوذ در بستر.
اقتصادی	<ul style="list-style-type: none"> - جلوگیری از صدمات ناشی از اشعه ماورای بنفش و صدمات شیمیایی و عمل کردن به عنوان عایق در برابر امواج گرما - افزایش طول عمر عایق رطوبتی تا دو برابر باعث صرفه جویی در هزینه ها - کاربردهای تجاری، سازمانی و مسکونی بالا. - افزایش ارزش ملک. 	-	<ul style="list-style-type: none"> - کاهش مصرف انرژی در ساختمان های ده طبقه تا ۱۰ درصد و در ساختمان های سه طبقه از ۲۰ تا ۳۰ درصد در مصرف برق. - بهره برداری و ایجاد فضای بیشتر کاربردی در ساختمان در قسمت هایی از بام مورد استفاده بیشتر در ساختمان بالا - سرعت بالای اجرا و هزینه پایین نسبت به سایر عملیات های ساختمانی مشابه. 	-
اجرایی	<ul style="list-style-type: none"> - تبدیل یک سقف خشک و زشت به یک دارایی مناسب. - کاهش بار گرمایش با افزودن توده و لایه عایق حرارتی و سرمایش بنا از طریق سرمایش تبخیری. 	<ul style="list-style-type: none"> - مناسب نبودن سطوح هموار بدون شیب برای بام های سبز - توجه به بارندگی پاییزه منطقه، سطوح صاف و زهکشی ضعیف تا به بام ضرر وارد نکند و ریشه گیاهان خفه نشوند. 	<ul style="list-style-type: none"> - محافظت از تشعشعات اشعه فرابنفش و افزایش عمر سقف تا حداقل دو برابر و اکثر اوقات تا سه برابر - کاهش دمای سقف از ۶۰ درجه سانتیگراد به ۲۵ درجه. - طراحی سیستم سقف های سبز به دلیل عدم نیاز به آبیاری و مراقبت زیاد به طوری که لایه زیرین آن به عنوان عایق زهکش و مانع نفوذ ریشه گیاهان به بام عمل کند. 	<ul style="list-style-type: none"> - عدم احداث بام سبز طرح در شیب بالای ۳۰ درجه به دلیل مسئله زهکشی و آفت مواد.

بحث و نتیجه گیری

حرارت دارند. به طور کلی گیاهان موجود در بام های سبز، با رها سازی رطوبت موجود در اندام های خود باعث خنک شدن هوا و تعدیل جزیره حرارتی می شوند.

با توجه به حفظ رطوبت درون پوشش گیاهی زنده و نقش تعدیلی در دمای سطح بام، به نظر می رسد رعایت آبیاری منظم قطر ای می تواند از نوسانات دمایی جلوگیری و موجب خنک شدن ساختمان در تابستان و گرم نگه داشتن نسبی آن در زمستان شود.

برآورد افق آینده طرح در مورد نقش عامل سایه در تبخیر- تعرق دمای سطحی بام سبز حاکی از آن است که سطوح سایه دار در آینده می توانند ۴ تا ۶ درجه سلسیوس سردتر از ماکزیمم دمای سطوح بدون سایه باشند و تبخیر-تعرق همراه با سایه می توانند ماکزیمم دمای تابستانی را ۱ تا ۵ درجه سلسیوس کاهش دهد.

هر چند هزینه تمام شده اجرای بام سبز تقریباً هم اندازه عایق های معمولی نظیر ایزوگام است، اما نقش آن در تعدیل جزایر حرارتی و کاهش مصرف انرژی سرمایشی در طول فصل گرما بسیار چشمگیر است.

با توجه به اثرات تعدیلی بام سبز در خرد اقلیم محلی، احداث بام سبز به صورت یک دستورالعمل اجرایی در ساختمان سازی مد نظر مدیران شهری جهان قرار گرفته است. لذا با توجه به تأثیرات مثبت بام سبز و به منظور تعدیل اثر جزیره حرارتی در کرج موارد زیر جهت تسریع کاربرد این سامانه پیشنهاد می شود:

۱. تهیه و اجرای طرح جامع اقلیم کرج؛
۲. تدوین مقررات و ضوابط به منظور بهره گیری از سامانه بام سبز در ساختمان سازی؛
۳. فرهنگ سازی در جهت کاهش گازهای گلخانه ای و استفاده عموم از بام سبز با استفاده از ابزارهای تشویقی.

مساحت فضای سبز منطقه ۱۲ کرج بیش از ۱۶/۵ هکتار است که نسبت به جمعیت ۲۸۰ هزار نفری آن، کمتر از استانداردهای تعیین شده است. با آنکه در سال های اخیر تلاش های بسیاری انجام شده تا سرانه حدوداً ۶ مترمربعی فضای سبز منطقه افزایش یابد، اما ارقام نشان می دهد که این عدد فقط یک درصد افزایش یافته است (Taleshi et al, 2012:59).

عمده ترین دلیل مشکل توسعه فضای سبز در این منطقه کمبود زمین است که در این صورت، توسعه عمودی فضای سبز به عنوان راهکاری جایگزین مناسب به نظر می رسد. نتایج حاصل شده از مقایسه درجه حرارت در سطوح بام ها ثابت می کند که درجه حرارت هوای لایه مرزی را می توان تا $1/5^{\circ}\text{C}$ کاهش داد و زمانی این اتفاق می افتد که همه دال های تخت با سقف های سبز جایگزین شوند. این تفاوت می تواند در تمام طول روز تداوم یابد و بدین ترتیب منجر به کاهش دی اکسید کربن، کاهش دما و در نتیجه تعدیل جزیره حرارتی محلی شود.

از نگاهی دیگر حجم انرژی حرارتی ذخیره شده و رها شده بر مبنای زمان، نشان می دهد که سقف ایزوگام که جنس اکثریت پشت بام های منطقه را تشکیل می دهد، مقدار حرارت شدیدتری را به موازات افزایش شار تابش ذخیره می کند و بعد از زمان ماکزیمم تابش با سرعت بیشتری نیز حرارت خود را از دست می دهد. اما بام سبز در طول زمان بیشینه و کمینه تابش خورشید حرارت را با شیب های ملایم در خود مدیریت و به تدریج آزاد می کند. این خاصیت در زمستان نیز با وجود پوشش گیاهی که مانع یخزدگی محیط کاشت می شود برقرار می ماند. سقف های ازبست و کاشی نیز وضعیتی نزدیک به هم و خنثی در نوسانات جذب و دفع

References

1. Afshar, M.(2009), Evaluation of Urban Heat Island City of Tehran, *Sepehr Journal*, spring, Volume 18, Issue 71, pp. 56-62.
2. Alijani, B. (2006), Study of Geographic Factors on Air Pollution in Tehran, *Geographical Research journal*, Volume 38, Issue 58, pp. 99-112.
3. Balling Wu, Haoa, b, Ye, Boazell.(2010), Assessing the Effects of Land Use Spatial Structure on Urban Heat Islands Using HJ-1B Remote Sensing Imagery, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol.26, Issue 3, pp. 175-170.
4. Bass, B. Baskaran, B.(), Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas, Canada: National Research Publications.
5. Berndtsson, J.C, Bengtsson, L & Jinno, K.(2009), Runoff Water Quality from Intensive and Extensive Vegetated Roofs. *Journal of ecological engineering*, Volume 35, Issue 2 pp.369-380. Available from: www.sciencedirect.com.
6. Bradley Rowe, D. (2010), Green roofs as a Means of Pollution Abatement. *Journal of Environmental Pollution*, Volume 159, Issue 4: 210-211. Available from: www.sciencedirect.com.
7. Clark, (2008), Greenroof Valuation: a Probabilistic Economic Analysis of Environmental Benefits, *journal of Environmental Science and Technology*, Volume 42, Issue 2 pp. 155 ° 161.
8. Emilsson, et al.(2007), Effect of Using Conventional and Controlled Release Fertilizer on Nutrient Runoff from Various Vegetated Roof Systems, *Journal of Ecological Engineering*, Volume 29, Issue 1, pp.260 - 271.
9. Galli, J. A, Jimenez-Munoz, J. C, El-Kharraz, J, Gomez, M, Romaguera, M, Soria, G.(1998), Single-Channel and Two-channel Methods for Land Surface Temperature Retrieval from DAIS Data and Its Application to the Barrax site. *Int. J. Remote Sensing*, 1998, Vol. 25, Issue 1, pp. 215 ° 230.
10. Ghalati, A., Ansari, M., Nazi, S. (2011), Greenroof System Development Based on Sustainable Development in Iran, *Identity of city Journal*, Volume 4, Issue 6, pp. 38-42.
11. Khosravi, M, Ghobadi, A.(2013), A Comparable Analysis of Population s Influence on Spatial Organization with Emphasis on Urban Heat Island Function, Case Study: States of Tehran and Alborz, *First National Conference on Climatology*, oral speech pp. 4-8.
12. Levallius, J.(2005), Greenroofs on Municipal Buildings in Lund ° Modeling Potential Environmental Benefits, *Geobiosphere Science Centre*, Sweden: Lund University Publication.
13. Luckett, K.(2009), Green roof construction and maintenance. New York: McGraw-Hill Publications.
14. Masson, V.(2006), Urban Surface Modeling and the Meso-scale Impact of Cities. *Theoretical and Applied Climatology*, Volume 84, Issue 1 pp. 35° 45.
15. Morikawa, H.(1998), More than a 600-fold Variation in Nitrogen Dioxide Assimilation Among 217 Plant taxa. *Journal of Plant Cell and Environment*, Volume 21, Issue 2. pp.180-190.
16. Motloch, John.(2001), *Introduction to Landscape Design*, Canada: john wiley & sons Publications, pp.241-243.
17. Oke, TR. (1987), *Boundary Layer Climates*, 2nd edn. London: Methuen press.
18. Ranjbar Saadat abadi, A .(2005), A Case Study of Tehran Heat Island and Its Numerical Simulation, *Earth and Space Physics Journal*, Volume 1, Issue 31, pp. 63-78.
19. Rahshahr Consulting Engineers.(2004), *Set of Environmental Conditions*, Tehran: city publications.
20. Ramezani, b, Mohammadi, m.(2011), The Recognition of Urban Heat Island in Rasht City, *journal of physical geography*, volum 3, issue 10, pp. 111-125.
21. Rezaie rad, H.(2011), Assessment Policy of Tall Building in the Detailed Plan with Emphasis on Spatial -Functional Organization of Tehran. M.Sc. thesis of urban planinng, Faculty of humanities sciences, Tarbiat Moallem University.
22. Rose, A.L, Devadas, D.(2009), Analysis of Land Surface Temperature and Land Use/Land Cover Ttypes Using Remote Sensing Imagary a case inchennal city, india, *The seventh International Conference on Urban Climate*, Yokohama, Japan.
23. Rostamkhani, p.(2006), *Landscape design principles in Residential environment*, Building and housing, Tehran: research center Publications, pp. 125-132.
24. Statistics Center of Iran. (2011), *Population Census and the Public Housing of 1996 & 2006 of Alborz State*.
25. Streutker, D. R. (2002), Satellite-measured Growth of the Urban Heat Island of Houston, Texas, *Remote Sensing of Environment*, Vol, 85, pp, 282° 289.
26. Taleshi, M. Ghobadi, A.(2012), Urban Land Use Sustainability Assessment Through Evaluation of Compatibility Matrix, Case Study: Karaj city, *Journal of Sustainable Development*, Volume 3, Issue 2, pp. 58-60.
27. Tavalae, S. (1994), City and Its Environmental Consequences, Summer, *Geographical Research Journal*, Volume 5, Issue 33, pp. 102-103.
28. Weng, Q, Lu, B, Liang.(2006), Urban Surface Biophysical Descriptors and Land Surface Temperature Variations, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol, 72, No, 11, pp, 126-127.
29. Xloe, H. F, Ding, X, Wen. (2000), Urban Expansion and Heat Island Dynamics in the Quanzhou Region, China, *IEEE journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing* Vol, 1, No, 3, pp, 74- 79.